

综述

doi: 10.7541/2021.2019.035

## 植物生长调节剂的研究及应用进展

张义<sup>1\*</sup> 刘云利<sup>1,2\*</sup> 刘子森<sup>1,2</sup> 韩帆<sup>3</sup> 严攀<sup>1,2</sup> 贺锋<sup>1</sup> 吴振斌<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态和生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 武汉理工大学资源与环境工程学院, 武汉 430070)

**摘要:** 植物生长调节剂是合成植物激素, 其可以调节植物的代谢和生理功能, 并且已广泛用于农业、林业和其他领域。而植物生长调节剂本身存在的毒副作用所引起的问题也不容忽视, 在使用调节剂时应保证安全性和有效性。文章概述了植物生长调节剂的种类、作用功效、国内外植物生长剂的研究和应用情况及在使用中存在的问题, 分析了调节剂药效的影响因素, 就植物生长调节剂的进一步应用提出了建议, 进行了展望, 并对其应用于生态修复领域的可行性进行了分析。植物生长调节剂在使用时应注意: (1) 适时适量; (2) 多种药型谨慎搭配, 科学调控植物生长剂的使用; (3) 植物生长调节剂不能随意与农药搭配以避免不良反应的发生。

**关键词:** 植物生长调节剂; 作用功效; 影响因素; 生态修复

**中图分类号:** Q178.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3207(2021)03-0700-09



植物激素亦称为植物天然激素或植物内源激素, 是由植物自身产生并直接或间接作用于靶器官或靶组织以调控植物生长的一类有机物质, 植物激素的生理作用非常复杂, 可以影响植物根系的分裂、生长和分化、植物发芽、开花、结果和性别分化等<sup>[1]</sup>。这种自然合成的植物激素含量甚微, 因而, 要大量提取植物激素来提升作物产量成本较高, 于是科学家们通过大量研究, 最终发现采取化学合成法可以合成与天然植物激素拥有类似结构和作用功效的有机化合物, 即植物生长调节剂。植物生长调节剂被吸收后可促使植物体内的各类活性酶类物质联合作用, 从而影响植物的理化进程<sup>[2]</sup>。

从20世纪30年代对生长素的研究开始, 植物生长调节剂便得到了快速的发展, 随后又陆续发现了赤霉素(GA)、脱落酸(ABA)、细胞分裂素(CTK)和乙烯等植物生长调节剂<sup>[3]</sup>。如今植物生长调节剂已在经济作物、园林景观和药用植物各个领域得以应用。据2015年统计数据显示, 在过去的10年间,

国际上植物生长调节剂的市场贸易额的平均增长率已超过14%, 达到15.36亿美元。从2010—2016年, 中国植物生长调节剂的市场需求逐年增加, 年均使用量为 $3.65 \times 10^7$  kg。截至2017年12月31日, 共登记了36519种农药, 其中包括908种植物生长调节剂, 占注册总量的2.5%, 注册剂型多种多样, 主要包括290种水剂、164种原药、93种可湿性粉剂、74种悬浮剂、可溶性粉剂及乳油等其他剂型287种<sup>[4]</sup>。虽然中国的植物生长调节剂正在快速增长, 但与国际市场上的植物生长调节剂的品种和销售量相比, 我国还存在很大的上升空间。

### 1 植物生长调节剂的种类及其作用功效

植物生长调节剂是一个泛称, 根据对植物生长的影响不同通常又可分为三大类, 即包括有生长素、细胞分裂素、赤霉素和油菜素甾醇的植物生长促进剂, 以肉桂酸、香豆素、脱落酸和水杨酸等为代表的植物生长抑制剂, 含矮壮素、多效唑

收稿日期: 2019-01-30; 修订日期: 2020-06-18

基金项目: 国家自然科学基金(51709254); 中国科学院知识创新工程青年人才领域前沿项目; 中国科学院科技服务网络计划(KFJ-STZ-DTP-038)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (51709254); the Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences; Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences (KFJ-STZ-DTP-038)]

作者简介: 张义(1985—), 男, 研究员; 主要从事内源污染控制和水体生态修复等研究。E-mail: zhangyi@ihb.ac.cn 刘云利(1995—), 女, 硕士研究生; 主要从事水体生态修复等研究。E-mail: 1596088753@qq.com \*共同第一作者

(PP<sub>333</sub>)和烯效唑在内的植物生长延缓剂<sup>[5]</sup>。

### 1.1 植物生长促进剂

植物生长促进剂具有促进机体细胞分裂和新生器官分化等作用,且其作用效应在一定程度上可被植物生长抑制剂所逆转。

生长素可以加快细胞分裂和生长,引诱细胞分化,改变植物的花期与坐果等,其中萘乙酸(NAA)是最常用的生长素,可诱导芽的伸长和生根<sup>[6]</sup>。赤霉素则拥有打破植物体或种子的休眠,加快细胞的伸长生长,增进长日照植物在短日条件下开花,避免器官脱落的效应。细胞分裂素促进细胞分裂并减缓植物衰老,提升坐果率,同时也可通过提升侧芽的长势消除顶端优势。与其他植物激素相比,油菜素类固醇具有独特的作用机制,广泛的生理作用和高生理活性,并且在植物对抗外部胁迫中起重要作用,它能够调动植物的抗逆性和多种内源激素水平含量,改变组织细胞化学成分的含量,诱发各种酶类的活性等<sup>[3]</sup>。

### 1.2 植物生长抑制剂

植物生长抑制剂是植物生长调节剂的一种,可能导致茎伸长,从而抑制植物的顶端优势,促进植物侧叶增多。由于这种抑制作用并不是由缺少赤霉素引起,而是因为这种物质阻碍了茎顶端的分生组织细胞的核酸和蛋白的合成,因此,外部赤霉素不会逆转这些物质的抑制作用,但外施生长素却是有效的<sup>[7]</sup>。

譬如脱落酸这一典型的植物生长抑制剂可以在植物的胁迫耐受性中起重要作用,例如它可以诱导植物的抗旱性、抗寒性及抵抗盐碱性等。常用的人工合成抑制剂主要有三碘苯甲酸、脱落酸和马来酰肼<sup>[8]</sup>。

### 1.3 植物生长延缓剂

植物生长延缓剂可抑制植株节间伸长,使得植株变矮,而又不妨碍植株分节,顶芽生长,对植株叶、花和果实的生成没有影响,因而植株叶片数量和整个形态都可保持不变。生长延缓剂与植物生长抑制剂的区别在于其效应能否被赤霉素所解除,前者的作用效应可以被赤霉素解除。

## 2 植物生长调节剂使用效果的影响因素

### 2.1 药剂种类

植物生长调节剂按照对植物作用效应的不同可以分为3大类,即植物生长促进剂、植物生长延缓剂和植物生长抑制剂。其中植物生长促进剂可促进植物细胞分裂及器官分化;植物生长延缓剂的作用机理为可抑制植物细胞的分裂,但却不妨碍器

官分化,因而这种延缓剂使植物表现矮小,却功能齐全;植物生长抑制剂可影响细胞分化,植物的顶端优势为最常见的抑制效应之一。不同植物生长调节剂对植物的调节作用不同,有的表现出促进效应,而有的表现抑制或者延缓;同时不同植物对同一种植物生长调节剂的反应也可能表现不同。因此,在操作中,应该根据实际需求选择适宜的植物生长调节剂,否则不但不能达到预期结果,更可能对植株产生伤害,造成经济损失。李芳芳等<sup>[9]</sup>研究生长素参与三十烷醇诱导的拟南芥侧根发育时,用生长素抑制剂三碘苯甲酸及萘基邻氨甲酰苯甲酸和作用抑制剂来抑制三十烷醇对拟南芥侧根的诱导,从而影响拟南芥发育。外源三十烷醇的施加可以上调参与生长素合成的关键酶基因表达,增强侧根生长素相应报告基因*DR5*和*IAA2*的表达,从而达到增加侧根密度的目的。而添加生长素运输抑制剂后,阻碍了三十烷醇在植物体内的运输,导致其作用效应被降低。不同种类植物生长调节剂在植物发育的各个生理阶段表现出的调节效应存在差异。刘寒晓等<sup>[10]</sup>研究不同植物生长促进剂对喷播灌木发芽及幼苗生长的影响时,采用赤霉素、萘乙酸及复硝酚钠分别对灌木种子进行喷施,结果表明植物生长调节剂对灌木种子发芽时间的影响表现为赤霉素不会影响种子发芽高峰期,而萘乙酸和复硝酚钠则会延缓种子发芽。段超等<sup>[11]</sup>比较了维生素B1(VB1)、维生素B2(VB2)、维生素B12(VB12)及三十烷醇对香菇转潮时间的缩减及香菇产量的提高情况,发现适宜浓度的4种生长调节剂均可在一定程度上增加香菇产量,但每种药剂的影响效果又存在一定差异,其中VB1为最主要的影响因素,三十烷醇次之,VB12和VB2为影响最小的因子。可见不同种类的植物生长调节剂对相同作物的作用悬殊。

### 2.2 药剂浓度和配比

植物生长调节剂具有很强的生物活性,因此一般植物生长调节剂使用量以百分之几的浓度计算,高浓度的调节剂使用可能对植物的作用适得其反<sup>[12]</sup>。不同水平浓度的调节剂也可能对植物产生完全不同的影响。当用赤霉素诱导处理沙生茅种子时,在诱导种子萌发上产生比用萘乙酸处理时更好的促进效果,且随浓度增加促进发芽的效果逐步增强,最高促进效果的赤霉素浓度为80 mg/L,其后随浓度增加降低<sup>[13]</sup>。李冬杰等<sup>[14]</sup>在研究茉莉酸甲酯(MJ)对半夏试管块茎构成的影响时,以野生宽叶半夏的带芽块茎为外植体,将不同浓度的茉莉酸甲酯添加于MS培养基中,挑选利于试管微型种茎诱导、增

殖的培养基。试验得出培养基中添加不同浓度的MJ均能显著提高试管块茎诱导率,且诱导效应随MJ添加浓度的增加而增强,最佳浓度为 $10^{-5}$  mg/L,影响效应最高可达77.5%。李卓勇等<sup>[15]</sup>采用不同浓度樱王神州1号植物生长促进剂分别喷施于桂椒7号和桂椒5号上,观察分析其对辣椒产量和产值的影响。试验得出随着喷施浓度的增加,产量呈上升趋势,樱王神州1号800倍液>樱王神州1号1000倍液>樱王神州1号1200倍液>清水处理。翁小婷等<sup>[16]</sup>分别用1、10、50、100、500和1000 mg/L 6个浓度的吲哚乙酸处理山苍子茎段,得出较低浓度下的吲哚乙酸更利于山苍子发芽,1、10、50 mg/L 处理组中山苍子发芽率分别为38.00%、51.33%和48.33%。

研究发现,植物生长调节剂复配使用比调节剂单独使用的作用效果更好,植物生长调节剂的使用逐渐从单一化转变为络合化<sup>[18]</sup>。植物生长调节剂复配使用可起到增效和加合等作用,同时可减少调节剂的使用量,保护环境,扩大应用范围,克服单一使用的不足。Ye等<sup>[17]</sup>在研究生长素调节蛋白在玉米根系生长和茎腐病抗性平衡中作用时指出IAA和苯并恶唑酮之间的协同作用可以及时有效地调节生长-防御平衡,以优化植物健康。程晟等<sup>[18]</sup>等利用乙烯利、多效唑和吲哚乙酸复配后处理玉米幼苗,试验得出复配型植物生长调节剂与单一植物生长调节剂相比,能有效提高玉米功能叶片在衰退期叶绿素的含量,提高玉米抗倒伏能力,同时玉米产量更高。Karolina等<sup>[19]</sup>将BAP和NAA单独和联合培养*Daphne mezereum* L外植体,发现当2种植物生长调节剂联合处理,且处理浓度为分别为1和0.1 mol/L时,MS培养基上可产生最高数量的枝条。

### 2.3 药剂作用植物的生理阶段

植物的生理过程包括种子萌发、营养生长、生殖生长、叶片脱落及休眠,其中生殖生长又可分为开花和结实2个阶段。植物在不同的生长阶段对水、无机盐及其他微量元素的需求有所不同,同时植物体自身合成或从外界吸收植物激素的含量及种类也存在差异性。在种子萌发时,束缚于机体内的激素转变并释放,为物质运输提供营养和能量;营养生长阶段,植物体充分利用如IAA、GA和CTK等植物激素,促进植物生长,确保各代谢的顺利进行;生殖生长阶段,未成熟的果实能通过乙烯类植物激素促进果实达到可食程度;植物的叶片脱落和休眠阶段均有ABA的合成,此时植物光合作用降低,植物叶片脱落,植物的果实或种子代替植物进入休眠状态。

不同的植物物种,生长阶段和器官对同一植物

生长调节剂敏感性存在差异。植物生长调节剂发挥作用的特定生长阶段不同,只有在该阶段使用才能达到理想效果,过早或过晚使用不但达不到效果,如黄瓜在幼苗1—3片叶期施加乙烯利可诱导雌花形成,而用药太迟,花的雌雄一定,起不到诱导效果。另外植物生长调节剂在不恰当的时期喷施还可能产生副作用,甚至造成药害。席吉龙等<sup>[20]</sup>通过外源施加ABA探究抗旱小麦品种晋麦47号不同生长阶段的抗旱性变化,结果表明苗期喷施ABA能提高种子发芽率,利于苗齐苗壮,增强抗旱性,ABA在苗期能增加株高、茎重和根重,达到降低伤害率的目的,而在孕穗期喷施ABA,可提高叶片相对含水率,叶绿素荧光参数 $F_v/F_m$ 值极显著提高,产量增加9.26%。薛志伟等<sup>[21]</sup>使用吨田宝和磷酸二氢钾喷施冬小麦探究不同喷施时期对冬小麦生长发育和产量影响,研究结果表明在喷施时期上,产量由高到低:冬季分蘖阶段>灌浆阶段>拔节阶段,经济系数从高到低依次为:冬前分蘖阶段>拔节阶段>灌浆阶段,即植物生长调节剂喷施期选择冬季前的分蘖期要优于小麦生长的晚期。植物在不同生理阶段对不同植物生长调节剂的敏感程度不同。罗树凯等<sup>[22]</sup>研究了5%氨基寡糖素、0.136%赤·吲乙·芸苔和0.01%芸苔素内酯这3种调节剂和免疫诱抗剂对棉花的各生理阶段的影响,结果显示在棉花出苗率、茎叶鲜物质质量、侧根条数及主根长度上,0.136%赤·吲乙·芸苔较其他2种药剂促进作用更加明显;而在棉花生长期上,5%氨基寡糖素则更能促进棉花株高、茎粗和真叶数等生长量的增加,棉花产量的增幅也最高。因此,在使用药剂对植株进行处理时,结合实际操作情况及各类植物对该植物生长调节剂的敏感情况选择合适的药物种类、喷施时期及喷施部位才能达到事半功倍的效果。

### 2.4 药剂剂型

植物生长调节剂的剂型是指在原药的基础上添加一些助剂,使形成物理性质及原药浓度不同的分散体形式。按剂型差异可分为原药、水剂、可湿性粉剂、悬浮剂、可溶性粉剂和乳油等。水剂是将原药直接溶于水制得,而对于难溶或微溶的原药需加工成易溶于水的盐类。粉剂是果树扦插时常用的类型。油剂是将植物生长调节剂原药溶解在羊毛脂中,其具有黏附力强,不易流失等特点,但同时也存在易燃和环境污染等问题。而植物生长调节剂的剂型往往会影响到植物对药剂的吸收效率,因此药剂的剂型也是影响植物生长调节剂作用效果的重要因素。张彦波等<sup>[23]</sup>用GGR新型植物生长调节剂的2种不同剂型产品(GCR6和GCR8)对冬小

麦种子进行浸种处理, 研究不同剂型对冬小麦生长发育的影响。结果显示, 2种剂型的GGR调节剂均可促进冬小麦生长, 其中GGR8号整体效果好于GGR6号。曾冬梅<sup>[24]</sup>将三十烷醇混合成4种剂型: 微乳液、乳油、乳粉和悬浮液, 通过观察黄瓜叶子生根的情况, 以确定三十烷醇施药的最佳剂型。试验结果显示不同剂型三十烷醇在促进黄瓜子叶生根作用上具有差异, 其中三十烷醇微乳剂和乳油的促进效果最佳, 而乳粉和悬浮剂的效果稍差。分析原因可能为植物对不同剂型生长调节剂的吸收存在差异, 微乳液具有良好的水分散性, 并且具有很强的渗透性和对目标的良好黏附性。乳油中原药易分散, 溶剂含量高, 对黄瓜子叶湿润性好。相比较而言, 乳粉和悬浮剂的分散性差, 分散不均匀。因此, 在剂型的选择上, 除了关注药剂的本身效果之外, 还要考虑到植物对药剂的吸收情况, 药剂的加工成本及对环境的友好程度等等。同时也有一些产品加入助剂后可以增强施药对象对产品的吸收能力, 所以, 在实际条件允许的情况下, 加入合适的助剂也是不错的选择。

### 3 植物生长调节剂的研究及应用

植物生长调节剂的功能主要包括调节植物内的化学组成、启动或终止种子休眠、促进植物生根和剥离果实等。正因如此, 植物生长调节剂被广泛应用于作物的生长和发育, 并取得了一些进展。

#### 3.1 在农作物上的应用

植物生长调节剂可以使农作物具有更好的长势, 增加作物的抗逆性, 增加作物产量。王力明等<sup>[25]</sup>用不同生长调节剂组合处理莴苣, 并筛选出喷施组合为促长剂-矮壮素-促长剂-矮壮素最利于莴苣高效生产。王娜等<sup>[26]</sup>探究植物生长调节剂对绿豆生长发育和调控的作用, 试验结果得出在始花期叶面喷施烯效唑和胺鲜酯均可显著增加绿豆植株干物质积累量, 其中烯效唑和胺鲜酯处理绿豆产量较对照组分别增加16.11%和8.30%。由于各种类型的植物生长调节剂的化学分子结构和作用机理非常不同, 它们对植物的影响也大不相同。薛志伟等<sup>[21]</sup>发现喷施吨田宝或磷酸二氢钾两种植物生长调节剂相较对照组均可促进冬小麦的生长发育, 明显提高小麦产量。在高温条件下, 棉花的生长、生理及皮棉质量均会受到影响, 而一些植物生长调节剂如 $H_2O_2$ 可通过增加棉花活性氧物质和调节抗氧化酶来保护棉花免受热诱导损伤, 使棉花在高温状态下同样拥有高品质的纤维素含量<sup>[27]</sup>。壳聚糖作为一种天然植物生长调节剂, 用于黄豆芽生产中, 可以

显著提高黄豆芽下胚轴长度和鲜重, 增加豆芽中生物活性产物, 去除黄豆芽中植酸, 提高豆芽质量<sup>[28]</sup>。因此, 将植物生长调节剂的研究与我国农产品生产相结合对我国农业的发展具有重大意义。

#### 3.2 在景观作物上的应用

园林景观是推动城市化进程的重要产物, 为人们提供了更好, 更舒适的生活环境, 但另一方面解决好人文、物资和金融在园林景观维护和管理上的投入问题也是维护良好城市生活环境和实现园林景观可持续发展的必由之路。随着园林景观植物研究的推进, 植物生长调节剂在景观植物上的应用优势凸显, 植物生长调节剂的合理使用逐渐成为园林绿化管理的一项新技术。植物生长调节剂可以维护园林植物景观的时效, 适宜浓度的植物生长延缓剂可延缓植物的生长和发育的进程, 可减少植物修剪次数, 节省人力、物力和财力投入<sup>[29]</sup>。

植物生长调节剂用于维护草皮景观, 植物生长延缓剂可减缓细胞分裂和草皮茎组织的伸长, 并且可以在生理上使整个植物矮化, 但又不影响植物的正常发育进程与生活能力, 还可以延长草坪绿期。如以3000 mg/L浓度的矮壮素48 h浸泡处理中国水仙的种球, 与对照相比, 处理后的植株花萼高度变矮, 叶绿素含量升高, 叶片颜色变绿, 花期延长<sup>[30]</sup>。

植物生长调节剂在花坛与园林景观的协调上发挥了重要作用, 植物生长调节剂可以推迟和延长花期。郭荣等<sup>[31]</sup>以实生苗造林的十年生敦煌李光杏为试材研究植物生长调节剂对植物花期的影响, 得出结论为乙烯利、萘乙酸、赤霉素及S-抗诱素均能在不同程度上延迟李光杏花期。植物生长调节剂可以减少恶劣天气对屋顶植物产生的伤害, 改善和加强植物的抗逆性、株型、根系深浅等特征。同时, 植物生长调节剂运用于园林水景时, 可以促进植物根部的生长, 加强水生植物在园林水景生态维护上的重要作用。Hang等<sup>[32]</sup>发现烯效唑可导致浮萍生物量和淀粉积累量的增加, 其作用机理为该调节剂可改变浮萍的内源激素水平并调节叶绿素含量, 从而加强光合作用。浮萍的繁殖与合理利用可进一步达到环境治理和生物质生产的作用。

#### 3.3 在药用植物上的应用

目前, 关于生长调节剂在药用植物上使用的报道较少, 但实际上, 在药用植物上配合利用植物生长调节剂可以带来预料不到的优良效果。植物生长调节剂可以与生长抑制剂发挥相反的作用以达到破坏种子休眠并促进种子发芽的目的<sup>[33]</sup>。刘笛<sup>[34]</sup>研究了吲哚乙酸对关苍术种子萌发及幼苗生长的

影响, 试验得出100 mg/L的吲哚乙酸能显著提高苍术种子的发芽率、发芽势、种子活力指数、出苗率、根系活力和叶绿素含量。梁从莲等<sup>[35]</sup>研究了植物生长调节剂对丹参组培苗出芽和生根的影响后发现, 一定量的6-BA或IBA均能促进丹参的无性快繁, 进而显著提高丹参产量。Lazzarini等<sup>[36]</sup>发现将高剂量的BAP和NAA施加在薄叶丽蝇外植体上可明显提高培养枝条数量, 外植体上产新芽量可达到8—10个。因此正确的认识到植物生长调节剂在药用植物上的作用并科学运用植物生长调节剂可以有效解决医学上药材短缺等问题。

### 3.4 植物生长调节剂在生态修复上的应用

植物生态修复方式因其诸多优势, 已逐渐成为当前生态修复研究领域的一大热点。修复植物的生长状况和抗逆性等是植物修复技术生态修复效应的重要影响因素之一<sup>[37]</sup>。随着水环境中重金属浓度的增加, 对植物在重金属胁迫下所受伤害和自身抵抗机理的研究成为植物修复研究的关键。大量研究表明, 将某些添加剂掺入土壤可以优化土壤中重金属的生物效应, 并增加植物对重金属的积累和吸收。螯合剂和植物生长调节剂如今已成为各种添加剂研究的热门话题。而由螯合剂和金属形成的螯合物可以有效地降低重金属的沉淀和吸附, 并且可以增加重金属被植物根部吸收的可能性<sup>[38]</sup>。另外, 在重金属污染严重的土壤里, 可以通过加入植物激素促使植物生长以显著提升植物修复效率。植物生长调节剂能加强植物对重金属的吸收, 其原因为较低浓度的植物生长调节剂可以使得植物代谢发生变化, 如适量的生长素可通过改变植物细胞膜的一些生化性质, 从而减少金属离子对植物的毒副作用<sup>[39]</sup>。例如, 吴兴飞等<sup>[40]</sup>研究发现一定量生长素可影响土壤中重金属的富集。EDDS/MG-DA联合使用可有效降低螯合剂对植物引起的损害, 增加植物中重金属的浓度, 提高植物转化效率和确保植物的生物量, 达到改善黑麦草在Cd污染土壤中的生物修复效应的作用<sup>[38]</sup>。

李伟明<sup>[41]</sup>试验发现IAA一方面可经由影响PAHS(多环芳烃)随蒸腾作用进入植物体的速率, 进而促使植物吸收PAHS; 另一方面IAA也可通过促进植物转化PAHS, 增加植物体内过氧化物酶的活性, 提高目标植物根部和叶部相关基因的表达量等方式, 使更有利于植物的解毒和排毒。植物生长调节剂缓解环境胁迫作用的机理是, 该类生长调节剂可以明显增多蛋白质含量, 强化植物细胞中的抗氧化酶活性, 有效清除其中自由基, 减少膜脂过氧化反应产物的含量。

## 4 植物生长调节剂使用中存在的问题及应对措施

植物生长调节剂可改善环境胁迫并提高作物品质, 增加作物产量, 又因其具有低成本, 高效率 and 许多其他优点, 最终使植物生长调节剂越来越受欢迎, 然而, 随着植物生长调节剂的广泛应用, 食品和环境上的残留物问题也逐渐出现。Luo等<sup>[42]</sup>采用液相色谱与串联质谱联用检测出麦冬中多效唑的残留量已超过国标建议的最大残留量限值。同时, 在其他种类的中药样品中也检测出具有较高水平的植物生长调节剂残留, 其中包括矮壮素、脱落酸和吲哚等。事实上, 经由化工合成的植物生长调节剂与其他人工合成的农药一样, 也具有一定的毒性。植物生长调节剂的残留问题逐渐成为全球关注的热点。

### 4.1 植物生长调节剂使用存在的安全问题

植物生长调节剂使用的安全问题可以分为产品安全和环境安全2个方面。

在产品安全性方面, 特定浓度范围内的植物生长调节剂通常不会对健康造成损害, 但不规范的使用往往会对人体健康产生危害。如矮壮素经口腔进入人体后会直接灼伤肠胃, 并可被快速吸收入血液造成急性中毒。黄深惠等<sup>[43]</sup>研究发现S-诱导素对家蚕具有急性和慢性毒性。如以小鼠胚胎干细胞作为试验模型研究矮壮素的发育毒性, 研究得出矮壮素可在不引起细胞毒性的水平下, 影响心肌细胞分化产生胚胎毒性<sup>[44]</sup>。此外研究表明, 赤霉素可通过氧化应激反应降低精子运动力, 促进精子细胞凋亡<sup>[45]</sup>。

在环境安全方面, 施用于植物叶子上的化学物质不可避免地渗透入土壤而不易分解, 土壤中积累的药物会改变土壤的pH和土壤成分的溶解度, 从而影响敏感作物生长。张子鹤等<sup>[46]</sup>发现植物生长调节剂会对土壤的生物多样性造成一定影响, 且其影响程度随施药时间变化而变化。不同的生长调节剂对土壤的影响程度会因调节剂残留时间的不同而存在差异, 如具有相似生理作用的烯效唑的降解半衰期约为多效唑的1/2, 因此, 烯效唑的对土壤的破坏程度强于多效唑<sup>[33]</sup>。

而我国植物生长调节剂在使用中存在很多问题: 首先, 调节剂在农作物生产应用中的使用方式不合理, 为了提高作物的产量, 农民将过量的植物生长调节剂施用于作物可食用部位, 为食品的安全性问题留下隐患。其次, 国家对植物生长调节剂在作物上的残留标准尚不完整, 我国制定有详细种类和用量限定标准的植物生长调节剂很少, 且明文规

定的限定标准值均较高, 调节剂使用违反了标准要求。最后, 大多数植物生长调节剂具有完整的常规毒理学数据, 但慢性毒性和生态毒性数据较欠缺, 关于该植物生长调节剂在土壤及作物体内移动速度和残留情况的研究较少, 调节剂的慢性毒性及生态毒性的数据缺乏<sup>[47]</sup>。

#### 4.2 降低植物生长调节剂残留量的应对措施

(1) 将调节剂配合使用或交替使用, 达到减少使用剂量和使用频次的目的。多种植物生长调节剂配合使用或一先一后使用时, 不同种类的生长调节剂在植物各生理阶段发挥出不同的功效, 从而可产生相比单独使用某种调节剂更佳的效果。(2) 掌握正确的药剂施用浓度和施用剂量。农户往往是依照经验及零售商的推荐使用植物生长调节剂, 在用量和次数上都存在不确定性而盲目使用。正确的方法是先确定剂量, 再定浓度, 正确喷施<sup>[48]</sup>。(3) 尽可能选用降解速度快、生理毒性小和残留时间短的植物生长调节剂。比如采用生理作用相似, 半衰期较短的烯效唑代替多效唑是减少环境安全问题的有效措施<sup>[32]</sup>。(4) 采用天然生物源的调节剂。使用从自然源中提取来的纯天然的植物生长调节剂。这些天然杀虫剂比合成化学品更安全, 更环保, 对农业的可持续发展和生态环境的保护至关重要。(5) 完善国家残留标准体系。现如今我国的植物生长调节剂在使用标准上与国际标准还存在极大的差距。主要表现为制定有明确限量标准的植物生长调节剂类型较少, 且所制定的标准值比国际标准值高, 限定标准与实际使用相违背。尽早完善我国残留标准体系, 才能及时避免植物生长调节剂滥用造成的损失。

## 5 结语

我们必须高度重视植物生长调节剂存在的毒性和副作用, 特别是目前国内食品安全形式尤为严峻, 植物生长调节剂误用造成的食品安全问题并不少见, 尽快研发出毒性小、高效能和绿色环保的植物生长调节剂显得更为重要。加快优良植物生长调节剂的开发和使用, 强化新型植物调节剂在作物抗病毒、抗虫害和抗环境胁迫等方面的作用, 削减植物生长调节剂的生理毒性和负面作用。

植物生长调节剂存在一定毒性, 但我们应该辩证的看待它的这些弊端, 不能完全否决植物生长调节剂带来的优越性, 只要我们科学合理的应用植物生长调节剂, 就能在最大程度上获利。生态修复技术因其高效率、低成本及环境友好等特性成为环境修复领域研究的重要热点, 但生态修复技术应用

过程中存在植物难以存活、定植和扩繁等问题。目前植物生长调节剂在生态修复上的应用较少, 若能进一步筛选或研发适用于陆生或水生植物的生长促进剂, 结合目前的环境问题将植物生长调节剂应用于生态修复将是一项重大突破, 如将植物生长调节剂运用到沉水植物中, 促进沉水植物定植和扩繁, 将会在很大程度上提高水生植物在水体修复中的作用, 促进生态修复技术的进一步应用。

#### 参考文献:

- [1] Guzmán Y, Pugliese B, González C V, *et al.* Spray with plant growth regulators at full bloom may improve quality for storage of 'Superior Seedless' table grapes by modifying the vascular system of the bunch [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021(176): 111522.
- [2] Li S J, Chen L Q. Effect of different treatment solution on promotes flowering and retain freshness of cut flowers of wintersweet [J]. *Journal of Southwest Forestry University*, 2021, **41**(5): 1-7. [李思瑾, 陈龙清. 不同处理植物生长调节剂对素心蜡梅切枝催花保鲜效果的影响 [J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2021, **41**(5): 1-7.]
- [3] Zhou X X, Zhang H J, Bai M Q, *et al.* Current situation and prospects of plant growth regulators [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2017, **38**(11): 14-19. [周欣欣, 张宏军, 白孟卿, 等. 植物生长调节剂产业发展现状及前景 [J]. 农药科学与管理, 2017, **38**(11): 14-19.]
- [4] Zhang C L, Qiang H, Wang J Y, *et al.* Analysis and suggestions on the registration status of plant growth regulators in china [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2018(4): 160-163. [张成亮, 钱华, 王家有, 等. 我国植物生长调节剂登记现状分析与建议 [J]. 黑龙江农业科学, 2018(4): 160-163.]
- [5] Chen S, Wang X J, Tan G F, *et al.* Gibberellin and the plant growth retardant Paclitrazol altered fruit shape and ripening in tomato [J]. *Protoplasma: An International Journal of Animal, Fungal and Plant Cell Biology*, 2020, **257**(3): 853-861.
- [6] Feng L. Effectes of plant growth substances on the growth of potato test-tube seedling and the induction of microthber [D]. Shanxi: Shanxi Agricultural University, 2017. [冯璐. 植物生长物质对新品种马铃薯试管苗生长及微型薯诱导的影响 [D]. 山西: 山西农业大学, 2017.]
- [7] Pei H R, Li W, Zhang L, *et al.* Research and application of plant growth regulators [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2015, **47**(7): 142-146. [裴海荣, 李伟, 张蕾, 等. 植物生长调节剂的研究与应用 [J]. 山东农业科学, 2015, **47**(7): 142-146.]
- [8] Xu L J, Liu H X, Wu J, *et al.* Effects of plant growth inhibitors on the morphology and photosynthesis of *euonymus japonicus* [J]. *Forest Research*, 2018, **31**(6): 89-97. [许丽娟, 刘海轩, 吴鞠, 等. 生长抑制剂对大叶黄杨

- 形态及光合作用的影响[J]. 林业科学研究, 2018, 31(6): 89-97.]
- [9] Li F F, Yang N, Qian M, *et al.* Auxin is involved in triacanol-induced lateral root development in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2018, 41(3): 473-480. [李芳芳, 杨娜, 钱猛, 等. 生长素参与三十烷醇诱导的拟南芥侧根发育[J]. *南京农业大学学报*, 2018, 41(3): 473-480.]
- [10] Liu H X, Zhu L J, Wang Y Y, *et al.* Plant growth accelerators for germination and seedling growth of shrubs [J]. *Journal of Zhejiang A & F University*, 2017, 34(4): 637-646. [刘寒晓, 朱立娟, 王英宇, 等. 不同植物生长促进剂对喷播灌木发芽及幼苗生长的影响[J]. *浙江农林大学学报*, 2017, 34(4): 637-646.]
- [11] Duan C, Jia Z R, Yang J, *et al.* Effect of different growth factors on the growth of *Lentinus edodes* during the rehydration period [J]. *Edible Fungi of China*, 2018, 37(3): 34-37. [段超, 贾峥嵘, 杨杰, 等. 香菇补水时不同生长因子对出菇影响的比较试验[J]. *中国食用菌*, 2018, 37(3): 34-37.]
- [12] Li B, Wei K Y, Wang L H. Effects of different plant growth regulators and their concentrations on rooting of *Myricaria squamosa* cutting [J]. *Journal of Southwest Forestry University (Natural Science)*, 2021, 41(1): 33-38. [李波, 魏科宇, 王丽华. 不同种类及浓度的植物生长调节剂对具鳞水柏枝扦插生根的影响[J]. *西南林业大学学报(自然科学)*, 2021, 41(1): 33-38.]
- [13] Zheng Q Z, Li F M, Zhu S J, *et al.* Effects of various treatments on seed germination of *Stipa glareosa* [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 35(1): 63-71. [郑庆钟, 李发明, 朱淑娟, 等. 不同处理对沙生针茅种子萌发的影响[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(1): 63-71.]
- [14] Li D J. Effect of methyl jasmonate on microtuber formation of *Pinellia ternata* [J]. *Northern Horticulture*, 2017(7): 156-159. [李冬杰. 茉莉酸甲酯对半夏试管块茎形成的影响[J]. *北方园艺*, 2017(7): 156-159.]
- [15] Li Z Y, Ma J W, Yu Y F, *et al.* Application effects of a plant growth promoter on pepper [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2015(24): 52-54. [李卓勇, 马军文, 俞月凤, 等. 一种植物生长促进剂在辣椒上的应用效果[J]. *长江蔬菜*, 2015(24): 52-54.]
- [16] Weng X T, Deng L W, Chen S X, *et al.* Effects of plant growth regulators on cutting propagation of *Litsea cubeba* [J]. *Non-wood Forest Research*, 2021(1): 111-120. [翁小婷, 邓力维, 陈尚铎, 等. 植物生长调节剂对山苍子茎段扦插的影响[J]. *经济林研究*, 2021(1): 111-120.]
- [17] Ye J R, Zhong T, Zhang D F, *et al.* The auxin-regulated protein ZmAuxRP1 coordinates the balance between root growth and stalk rot disease resistance in maize [J]. *Molecular Plant*, 2019(12): 360-373.
- [18] Cheng S, Liu N. Study on the effects of ethephon paclobutrazol and indoloacetic acid on the growth physiology and yield components of maize [J]. *Agricultural Technology & Equipment*, 2017(11): 17-18, 21. [程晟, 刘娜. 乙烯利、多效唑、吲哚乙酸复配对玉米生长生理及产量构成影响的研究[J]. *农业技术与装备*, 2017(11): 17-18, 21.]
- [19] Karolina N, Andrzej P, Waldemar T. The effect of selected growth regulators and culture media on regeneration of *Daphne mezereum* L. 'Alba' [J]. *Rendiconti Lincei*, 2019(30): 197-205.
- [20] Xi J L, Zhang J C, Xi K P, *et al.* Effects of exogenous ABA on wheat drought resistance and yield [J]. *Crops*, 2014(3): 105-108. [席吉龙, 张建诚, 席凯鹏, 等. 外源ABA对小麦抗旱性和产量性状的影响[J]. *作物杂志*, 2014(3): 105-108.]
- [21] Xue Z W, Yang C L, Dong J H, *et al.* Effects of plant growth regulators on population traits and wheat [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2018, 46(10): 1634-1636, 1684. [薛志伟, 杨春玲, 董军红, 等. 植物生长调节剂对小麦群体性状和产量的影响[J]. *山西农业科学*, 2018, 46(10): 1634-1636, 1684.]
- [22] Luo S K, Liang H J, Cheng J, *et al.* Promoting effects of three plant growth regulators on cotton growth in promoting root, strongling seedlings and increasing yield [J]. *China Cotton*, 2016, 43(3): 24-26. [罗树凯, 梁虎军, 陈婧, 等. 3种植物生长调节剂、免疫诱抗剂对促进棉花生长的效果[J]. *中国棉花*, 2016, 43(3): 24-26.]
- [23] Zhang Y B, Zhang X J, Dong C, *et al.* Effects of plant growth regulators GGR6 and GGR8 on development and yield of winter wheat [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2017, 45(14): 24-25, 32. [张彦波, 张晓婕, 董策, 等. 绿色植物生长调节剂GGR6号和GGR8号对冬小麦生长发育及产量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2017, 45(14): 24-25, 32.]
- [24] 曾冬梅. 剂型对三十烷醇药效的影响[J]. *农家参谋*, 2018(12): 214.
- [25] Wang L M, Zhang Z J, Lei X K, *et al.* Effects of different growth regulator combinations on growth and photosynthesis of 'Sanqing' *Asparagus lettuce* [J]. *Northern Horticulture*, 2021(4): 46-50. [王力明, 张泽锦, 雷晓葵, 等. 不同生长调节剂组合对“三青”莴笋生长和光合作用的影响[J]. *北方园艺*, 2021(4): 46-50.]
- [26] Wang N, Yang S M, Liu B B, *et al.* Regulation of plant growth regulator on dry matter accumulation and yield of mung bean [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(3): 10-17. [王娜, 杨思敏, 刘蓓蓓, 等. 植物生长调节剂对绿豆干物质积累动态与产量的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2021, 26(3): 10-17.]
- [27] Sarwar M, Saleem M F, Ulah N, *et al.* Exogenously applied growth regulators protect the cotton crop from heat-induced injury by modulating plant defense mechanism [J]. *Scientific Reports*, 2019(9): 3217.
- [28] Yang R, Jiang Y, Xiu L L, *et al.* Effect of chitosan pre-soaking on the growth and quality of yellow soybean sprouts [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(4): 1596-1603.
- [29] Zhang X X, Liu L, Lu N, *et al.* Effects of foliar application with plant growth retardant on the growth and physiology of perennial ryegrass [J]. *Grassland and Turf*,

- 2020, **40**(4): 47-53. [张馨馨, 刘璐, 陆妮, 等. 叶面喷施生长延缓剂对多年生黑麦草生长及生理的影响 [J]. 草原与草坪, 2020, **40**(4): 47-53.]
- [30] Luo S M. Study on dwarfing effect and mechanism of chlormequat chloride on *Narcissus tazetta* var. *chinensis* [J]. *Journal of Shaoyang University* (Natural Science Edition), 2015, **12**(1): 38-41. [罗水木. 矮壮素对中国水仙的矮化效应及机理研究 [J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2015, **12**(1): 38-41.]
- [31] Guo R, Zhang J Q, Chen C L, et al. Effects of four plant growth regulators on florescence of *Armeniaca vulgaris* L. var. *glabra* S. X. Sun [J]. *Northern Horticulture*, 2020(17): 44-48. [郭荣, 张继强, 陈翠莲, 等. 四种植物生长调节剂对敦煌李光杏花期的影响 [J]. 北方园艺, 2020(17): 44-48.]
- [32] Huang M J, Fang Y, Liu Y, et al. Using proteomic analysis to investigate uniconazole-induced phytohormone variation and starch accumulation in duckweed (*Landoltia punctata*) [J]. *BMC Biotechnology*, 2015, **15**(1): 81.
- [33] Gu X H, Guo B L, Tian J, et al. Utilization of plant growth regulators in growth and cultivation of medicinal plants [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2017, **19**(2): 295-305, 310. [谷小红, 郭宝林, 田景, 等. 植物生长调节剂在药用植物生长发育和栽培中的应用 [J]. 中国现代中药, 2017, **19**(2): 295-305, 310.]
- [34] Liu D. Effects of plant growth regulators on seed germination and seedling growth of *Atractylodes lanceolata* [D]. Yanji: Yanbian University, 2019. [刘笛. 植物生长调节剂对关苍术种子萌发及幼苗生长的影响研究 [D]. 延吉: 延边大学, 2019.]
- [35] Liang C L, Chen Y W, Su Z, et al. Conditions optimization of tissue culture technique of *Salvia miltiorrhiza* Bge [J]. *Shandong Science*, 2016, **29**(6): 40-44, 79. [梁从莲, 陈燕文, 苏征, 等. 丹参组培条件优化研究 [J]. 山东科学, 2016, **29**(6): 40-44, 79.]
- [36] Lazzarini L E S, Bertolucci S K V, de Carvalho A A, et al. Growth regulators affect the dry weight production, carvacrol and thymol content of *Lippia gracilis* Schauer [J]. *Industrial Crops & Products*, 2019(129): 35-44.
- [37] Yan J. Research on phytoremediation technology of baiyangdian submerged macrophytes centering on underwaterlight field and macrophytes characteristics [D]. Beijing: University of Chemical Technology, 2020. [严俊. 基于水下光场和植物特性的白洋淀沉水植物修复技术研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2020.]
- [38] Wang L. Enhance remediation of Cd contaminated soils by *Lolium perenne* in existing of DA-6 alone and in combination with EDDS/MGDA [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2015. [王雷. DA-6单独及与EDDS/MGDA联用强化黑麦草修复Cd污染土壤 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.]
- [39] Rostami S, Azhdarpoor A. The application of plant growth regulators to improve phytoremediation of contaminated soils: A review [J]. *Chemosphere*, 2019(220): 818-827.
- [40] Wu X F. Phytoremediation and regulation of heavy metals in sludge nutrient soil by turfgrass [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2019. [吴兴飞. 草坪草修复污泥营养土中重金属及其调控 [D]. 杭州: 浙江工业大学, 2019.]
- [41] Li W M. The effect and mechanism of exogenous indole-3-acetic acid on rhizoremediation of PAHs contaminated soils [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015. [李伟明. 3-吲哚乙酸对植物根际修复多环芳烃污染土壤的影响及机理 [D]. 南京: 南京农业大学, 2015.]
- [42] Luo Z L, Zhang L X, Mou Y, et al. Multi-residue analysis of plant growth regulators and pesticides in traditional Chinese medicines by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2019, **411**(11): 2447-2460.
- [43] Huang S H, Jiang M G, Huang X H, et al. Toxicity of two plant growth regulators to silkworm [J]. *Acta Sericologica Sinica*, 2020, **46**(4): 517-521. [黄深惠, 蒋满贵, 黄旭华, 等. 2种植物生长调节剂对家蚕的毒性作用 [J]. 蚕业科学, 2020, **46**(4): 517-521.]
- [44] Kong D, Hao W D, Jiang J J, et al. Developmental toxicity assessment of chlormequat chloride using embryonic stem cell test [J]. *Carcinogenesis, Teratogenesis & Mutagenesis*, 2015, **27**(4): 260-265, 271. [孔丹, 郝卫东, 蒋建军, 等. 利用胚胎干细胞试验模型评价矮壮素的发育毒性 [J]. 癌变·畸变·突变, 2015, **27**(4): 260-265, 271.]
- [45] Xu C S. Effect of Gibberellin on motility and apoptosis of human sperm and its mechanism [D]. Qingdao: Qingdao University, 2018. [许春爽. 赤霉素对人精子运动力和细胞凋亡的影响及其机制 [D]. 青岛: 青岛大学, 2018.]
- [46] Zhang Z H, Cao D X, Ma T H, et al. Effect of microbial agents in mushroom casing on yield characteristics and microbial diversity of *Agaricus bisporus* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, **31**(31): 81-84. [张子鹤, 曹冬雪, 马天卉, 等. 生物菌剂处理蘑菇覆土对产量性状和菌群多样性的影响 [J]. 中国农学通报, 2015, **31**(31): 81-84.]
- [47] Zhang X Z, Peng T, Li X C, et al. Analysis on the residue and safety of plant growth regulators [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2019, **10**(3): 614-619. [张新中, 彭涛, 李晓春, 等. 植物生长调节剂的残留与安全性分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2019, **10**(3): 614-619.]
- [48] Li Y C, Ji H, Wen Z Y, et al. Residual dynamics and safety risk assessment of three plant growth regulators in main melon and fruit vegetables in Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2017, **8**(8): 3011-3017. [李运朝, 及华, 温之雨, 等. 3种植物生长调节剂在京津冀地区主要瓜果类蔬菜中的残留动态及安全风险评估 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, **8**(8): 3011-3017.]

## THE RESEARCH AND APPLICATION PROGRESS OF PLANT GROWTH REGULATORS

ZHANG Yi<sup>1</sup>, LIU Yun-Li<sup>1,2</sup>, LIU Zi-Sen<sup>1,2</sup>, HAN Fan<sup>3</sup>, YAN Pan<sup>1,2</sup>, HE Feng<sup>1</sup> and WU Zhen-Bin<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Resource & Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Plant growth regulator is a kind of synthetic plant hormone which can regulate the metabolism or physiological function of plants. It has been widely applied in agriculture, forestry and other fields. While the safety problems caused by the toxic and side effects of plant growth regulators could not be ignored, and the safety and effectiveness of the regulators should be ensured when using them. The kinds, effectiveness, research and application of plant growth regulators domestic and overseas, and the problems in utilization were summarized. The influencing factors of the effect of the regulators were analyzed. At last, suggestions and prospects for the further application of regulators were put forward, and the feasibility of the application in the field of ecological restoration was analyzed. Attention should be paid to the use of plant growth regulators: (1) Give appropriate dosage; (2) Careful combination of multiple drug types and scientific regulation of the use of plant growth agents; (3) Plant growth regulators should not be matched with pesticides to avoid adverse reactions.

**Key words:** Plant growth regulators; Effects; Influencing factors; Ecological restoration

### 《水生生物学报》编辑委员会

### EDITORIAL BOARD OF ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

主 编	桂建芳 (院 士)			
副主编	缪 炜 (研究员)	解绶启 (研究员)		
水生生物多样性与资源				
责任编辑	毕永红 (研究员)	刘焕章 (研究员)		
委 员	陈宜瑜 (院 士)	曹文宣 (院 士)	陈毅峰 (研究员)	陈勇生 (教 授)
	何舜平 (研究员)	Martin Reichard	宋立荣 (研究员)	王克雄 (研究员)
	吴小平 (教 授)	徐旭东 (研究员)	张承才 (研究员)	朱新平 (研究员)
	庄 平 (研究员)			
水生态与环境				
责任编辑	王洪铸 (研究员)	周巧红 (研究员)		
委 员	唐启升 (院 士)	Annette Janssen	陈宇顺 (研究员)	韩博平 (教 授)
	黄邦钦 (教 授)	刘家寿 (研究员)	Ralf Aben	吴辰熙 (研究员)
	吴庆龙 (研究员)	吴振斌 (研究员)	谢 平 (研究员)	杨 军 (研究员)
	张 黎 (研究员)	赵亚乾 (教 授)	周炳升 (研究员)	周集中 (教 授)
渔业与生物技术				
责任编辑	肖武汉 (研究员)	周 莉 (研究员)		
委 员	麦康森 (院 士)	包振民 (院 士)	刘少军 (院 士)	艾庆辉 (教 授)
	段存明 (教 授)	葛 伟 (教 授)	何建国 (教 授)	胡 炜 (研究员)
	李创举 (研究员)	李富花 (研究员)	鲁义善 (教 授)	梅 洁 (教 授)
	聂 品 (研究员)	秦启伟 (教 授)	石连玉 (研究员)	宋林生 (教 授)
	徐 跑 (研究员)	殷 战 (研究员)	张永安 (教 授)	周志刚 (研究员)
	邹 钧 (教 授)			
编辑部	杜新征 (副编审)	余 茜 (编 辑)	叶文娟 (编 辑)	